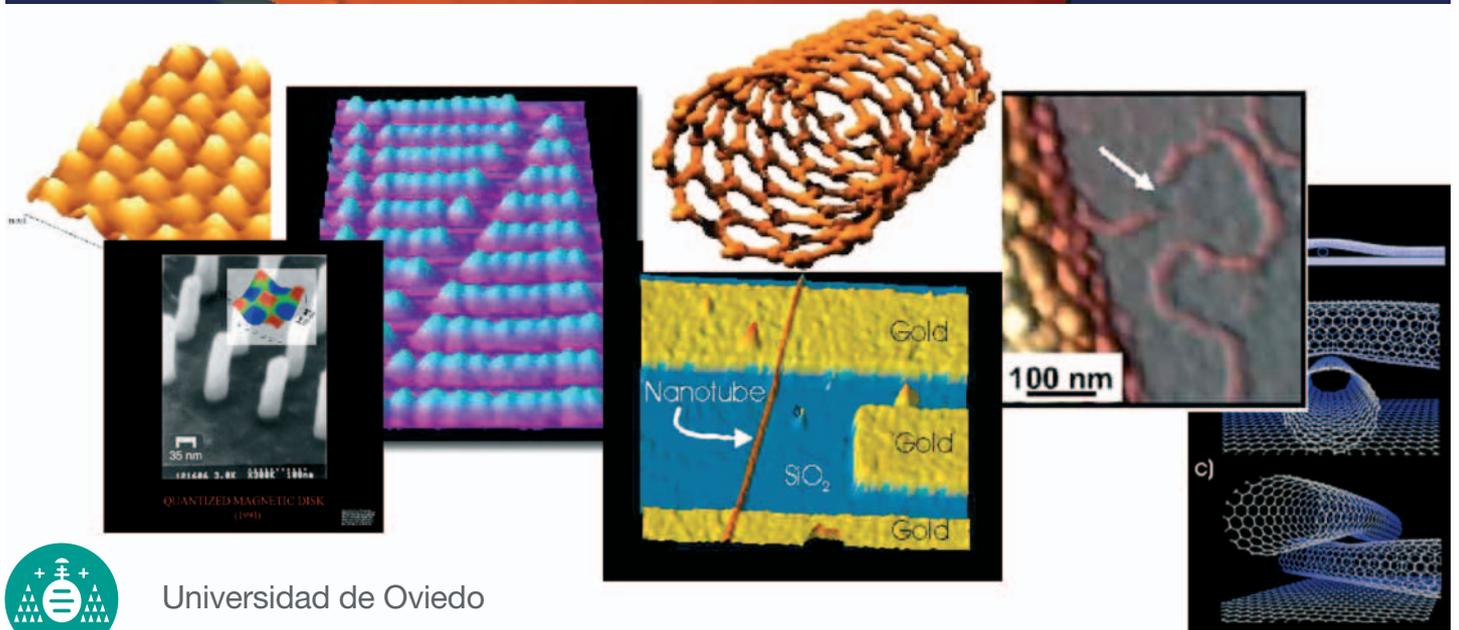
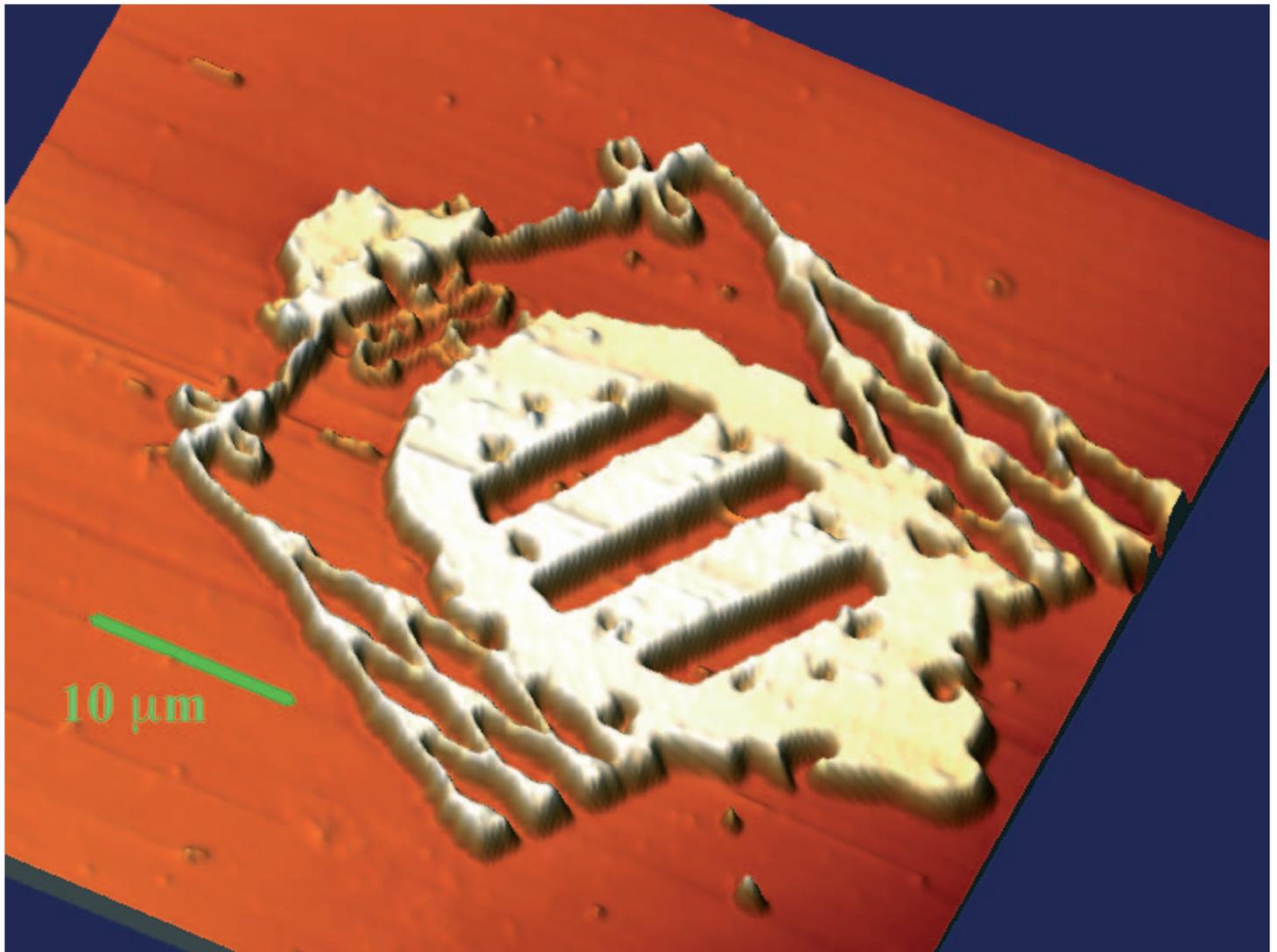


NANOTECNOLOGIA

Hoja Informativa

JUNIO 2005

OVIEDO • Nº 1



Universidad de Oviedo

NANOTECNOLOGÍA

Hoja Informativa

Director:

Orlando Carreño

Coordinador:

José María Alameda

Han colaborado en este número:

José María Alameda, Orlando Carreño, Antonio Correia, Agustín Costa, Jaime Ferrer, Carlos López Otín, José Ignacio Martín, Manuel Prieto, Xosé S. Puente, Luis M. Sánchez, Ramón Torrecillas, María Vélez

Edita:

Nanotecnología Mundo

Imprenta:

Gofer

Depósito Legal:

As-3.305/2005

Dirección:

Nanotecnología Hoja Informativa
Apartado 461 AP Oviedo (España)
E-mail: orlan@telefonica.net

SUMARIO

PRESENTACIÓN Y EDITORIAL

Pág. 3

Aplicaciones de la Nanotecnología en Medicina. Luis M. Sánchez, Xosé S. Puente, Carlos López-Otín

Pág. 15

INICIATIVAS EN NANOTECNOLOGÍA

El desarrollo de la National Nanotechnology Initiative de Estados Unidos.

Orlando Carreño

Pág. 4

Nuevas oportunidades para Asturias en el desarrollo de materiales nanoestructurados.

Ramón Torrecillas

Pág. 17

FUNDACIONES, ORGANISMOS Y PROGRAMAS

La Fundación PHANTOMS de la Unión Europea.

Antonio Correia

Pág. 5

NANOTECNOLOGÍA EN AMÉRICA LATINA

Nanotecnología en la UNAM de México

Pág. 19

NANOTECNOLOGÍA EN ESPAÑA

Nanociencia, Nanotecnología y Asturias.

José María Alameda

Pág. 6

REDES TEMÁTICAS

La Red NanoSpain

Pág. 20

LABORATORIOS Y CENTROS DE NANOTECNOLOGÍA

El Laboratorio de Nanotecnología de la Universidad de Oviedo.

María Vélez y José Ignacio Martín

Pág. 8

NOTICIAS BREVES

- *Premio Jaime I en Nuevas Tecnologías a Fernando*
- *Briones, por sus contribuciones a la Nanotecnología*
- *Científicos japoneses mueven átomos a temperatura ambiente*
- *Investigadores de la Rice University y destrucción de células cancerígenas*
- *Escribiendo el Quijote con escritura microscópica*

Pág. 21

LA NANOTECNOLOGÍA EN ASTURIAS

Construcción de biosensores sobre superficies nanoestructuradas.

Agustín Costa

Pág. 9

CALENDARIO INTERNACIONAL DE CONGRESOS Y JORNADAS

Pág. 22

Nanoelectrónica: preguntas adecuadas a algunas respuestas sencillas.

Jaime Ferrer

Pág. 11

CONTRAPORTADA

El congreso Trends in Nanotechnology 2005 - Oviedo 29 de agosto al 2 de septiembre.

La nanoescala en las Ciencias de la Tierra y del Medioambiente.

Manuel Prieto

Pág. 13

Portada (imagen principal): Emblema histórico de la Universidad de Oviedo fabricado en silicio mediante litografía por haz de electrones en el laboratorio de Nanotecnología de los Servicios Científico-técnicos de la universidad; la imagen se ha obtenido mediante microscopía de fuerza atómica. (Cortesía de A. Pérez-Junquera y M. Vélez)

La publicación de esta Hoja Informativa sobre Nanotecnología, constituye un paso más en el apoyo que la Universidad de Oviedo viene dedicando a esta nueva rama de la ciencia y la técnica, que tantas expectativas está generando por cuanto a sus previsibles repercusiones sociales. Al mismo tiempo, se ajusta a los objetivos de este *Vicerrectorado de Investigación y Relaciones con la Empresa*, sirviendo, tanto de difusión interna de las diferentes actividades de investigación desarrolladas por los diferentes grupos de nuestra Comunidad Autónoma, como de información a las empresas acerca de las futuras líneas de aplicación industrial de dicha tecnología. Todo ello en el intento de trasladar las aportaciones científico-técnicas de nuestros grupos de investigación al tejido empresarial de la forma más efectiva posible. Se pretende con ello promover la necesaria, por imprescindible, interrelación entre la investigación y la Empresa en los diferentes campos del conocimiento y particularmente en este caso en áreas emergentes, entre las que se encuentran las relacionadas con la Nanociencia y la Nanotecnología.

Ana Isabel Fernández Álvarez

Vicerrectora de Investigación y Relaciones con la Empresa
viceinvestigacion@rectorado.uniovi.es

EDITORIAL

Actualmente es un hecho innegable que la Nanotecnología está desplegándose con enorme fuerza en el conjunto de los países industrializados, y que es considerada como uno de los ejes prioritarios para la investigación y el desarrollo (I+D), porque afecta ya, y va a afectar en profundidad, a los más diversos sectores. Desde la electrónica, a la fabricación de barcos, coches y aviones; de la medicina, a nuevos materiales más fuertes, más resistentes, más ligeros; de la construcción de edificios y puentes, hasta la eliminación de contaminantes y purificación del agua. Trae consigo la nanotecnología la virtud y la fuerza de cambios profundos para nuestras sociedades. Tiene además el inestimable valor de unificar, de relacionar estrechamente, como nunca ha ocurrido, diferentes disciplinas y campos como la física, la química, la biología, la ciencia de los materiales, las tecnologías de la información, la medicina, diferentes ingenierías, lo que va a producir, al irse desarrollando, un formidable empuje interrelacionado. Y, sobre todo, encierra un enorme potencial que la comunidad científica, las instituciones, centros económicos y gobiernos conocen y tienen muy en cuenta, como lo manifiestan las crecidas inversiones y su cada vez mayor peso en programas de investigación y desarrollo.

Esta publicación quiere contribuir, en su modesta dimensión, a la difusión de la nanociencia y de la nanotecnología. Considera que es fundamental apoyar su desarrollo, en interés de nuestro país, y en interés del propio desarrollo de Asturias. Uno de sus objetivos es el de difundir la actividad investigadora que realizan grupos de investigación en Asturias, para fomentar beneficiosas interrelaciones con otros centros y con las empresas, y para establecer amplias vinculaciones. Dar a conocer, asimismo, los logros y aplicaciones tecnológicas en este campo puntero a escala nacional e internacional. Contribuir a la promoción de la transferencia de tecnología, e informar de aquello que pueda contribuir a que las empresas existentes la incorporen, y también a apoyar el surgimiento de nuevas, jóvenes y dinámicas, pequeñas empresas en el área de la nanotecnología y relacionadas con ella.

En este número figuran artículos que hablan de la actividad en el campo de la nanociencia y nanotecnología desde la universidad, y que van dirigidos de la universidad a la empresa. Quisiéramos también que en los siguientes aparezcan artículos, informaciones, colaboraciones de las mismas empresas, para favorecer esa relación universidad-empresa necesaria. Creemos que es importante el establecer vinculaciones y conexión con grupos de investigación y centros de excelencia, a escala nacional e internacional. Es importante acertar en las direcciones por las que se encaminará el desarrollo científico y tecnológico. La nanotecnología figura, desde luego, en esa corriente principal.

Orlando Carreño

Se abre esta sección para informar de las Iniciativas que se desarrollan a escala internacional en Nanotecnología

EL DESARROLLO DE LA NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE DE ESTADOS UNIDOS

Orlando Carreño

El más importante Programa de Nanotecnología que existe hoy en el mundo es el *National Nanotechnology Initiative* (NNI) de Estados Unidos, programa que fue anunciado oficialmente, con la mayor solemnidad, en enero del 2000, por el presidente Clinton, en el prestigioso Instituto Tecnológico de California (Caltech). Este programa federal consideró el desarrollo de la nanotecnología como una verdadera prioridad nacional, y ha recibido desde su inicio cuantiosos fondos, con el objetivo de fomentar y coordinar agencias gubernamentales, universidades y redes y centros de excelencia, en el impulso y fortalecimiento de la nanociencia y la nanotecnología en Estados Unidos.

Han formado parte de la *National Nanotechnology Initiative* (NNI), desde el comienzo, las seis principales agencias y departamentos estadounidenses: National Science Foundation; Departamento de Defensa; Departamento de Energía; NASA; Institutos Nacionales de la Salud; y el National's Institute of Standards and Technology (NIST). Un destacado Informe del año 2000, *National Nanotechnology Initiative: Leading to the Next Industrial Revolution*, sienta las bases y objetivos del vasto y ambicioso programa, que se propone llevar a Estados Unidos al puesto líder de la nanotecnología en el mundo. Se constituyó un organismo rector: el Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology (IWGN), que va a estar a la cabeza de la marcha del Programa.

La NNI se propuso un ambicioso programa de investigación a nivel nanoescalar, a largo plazo, para el desarrollo de las enormes potencialidades

de la nanotecnología en campos como los de "materiales y fabricación; nanoelectrónica; medicina y salud; medio ambiente y energía; química e industria farmacéutica; biotecnología y agricultura; computación y tecnologías de la información; seguridad nacional". La *National Nanotechnology Initiative* ha recibido cuantiosos fondos desde su inicio. Tan sólo en el período 1997-2002, ya había recibido inversiones por valor de 2.700 millones de dólares. Para el año 2005, el presupuesto solicitado al gobierno de Estados Unidos ha sido de 982 millones de dólares. La repercusión que tuvo la NNI fue tal que más de veinte países han puesto en marcha programas en la estela de la NNI norteamericana.

Un Informe del Consejo Asesor Presidencial en Ciencia y Tecnología (PCAST) de este año, que hace una evaluación de los cinco años de desarrollo de la *National Nanotechnology Initiative*, considera que los Estados Unidos "son reconocidos como el líder internacional en investigación y desarrollo (I+D) en nanotecnología". Se señala que las inversiones realizadas han resultado muy positivas, y que "es muy importante que éstas se incrementen, en un planteamiento a largo plazo, en beneficio de la economía, del bienestar y de la seguridad nacional del país". Entre las recomendaciones se hace hincapié en la importancia que tiene el que la NNI desarrolle y fortalezca los lazos con la industria estadounidense para el incremento de la transferencia de tecnología de los laboratorios al mercado.

En esta sección irán apareciendo informaciones acerca de las acciones que promueven la cooperación, y organismos que establezcan programas de ayuda al desarrollo de la Nanotecnología, tanto en centros públicos como en empresas



Fundación PHANTOMS

La Fundación Phantoms (entidad sin ánimo de lucro) se creó en Noviembre del 2002 para proporcionar un servicio de gestión de alta calidad a proyectos Europeos y Nacionales en el ámbito de las Nanotecnologías.

Las actividades de la Fundación permiten unir esfuerzos y estrategias de investigación fomentando sin duda el entendimiento entre los grupos de investigación procedentes de distintos campos científicos y el desarrollo de proyectos interdisciplinares.

Las actividades actuales de la Fundación Phantoms son las siguientes:

- Responsable de las actividades de diseminación del proyecto integrado (IP) Europeo NaPa (FP6-NMP): Emerging Nanopatterning Methods
- Responsable de las actividades de diseminación del proyecto integrado (IP) Europeo Pico-Inside (FP6-IST/FET): Computing inside a single molecule using atomic scale technologies
- Coordinadora de la Red Española de Nanotecnología "NanoSpain" (159 grupos) en colaboración con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
- Organizadora de varios congresos científicos en relación con la Nanotecnología y Nanociencia: Conferencias de la Red Nanospain, Conferencia Internacional "Trends in Nanotechnology" (TNT2005), "Ultimate Lithography and Nanodevice Engineering" (LITHO2006) y eventos co-organizados con la Comisión Europea (NID Workshops)
- Publicación de una revista trimestral de informes, artículos y noticias en el ámbito de las Nanotecnologías: "E-Nano Newsletter"
- Publicación de informes que ofrecen información detallada acerca de tópicos relevantes para la Nanociencia/Nanotecnología así como de las actividades o necesidades de los grupos europeos o españoles involucrados en investigación (colaboraciones con la Comisión Europea y la FECyT)
- Desarrollo de un portal WEB de referencia como fuente de información en temas de Nanotecnología y Nanoelectrónica en particular. Esta WEB (<http://www.phantomsnet.net>) fomenta la difusión de resultados básicos de investigación (informes, artículos, etc.) así como de noticias, congresos, conferencias, ofertas de trabajo, etc.

Persona de contacto:

Dr. Antonio Correia
Fundación Phantoms
Parque Científico de Madrid - Pabellón C - 1º Planta
Ctra. Colmenar Viejo Km. 15
Campus de Cantoblanco, Universidad Autónoma de Madrid
28049 Madrid, España

Tel: +34 91 4973464 / Fax: +34 91 4973471
E-mail: antonio@phantomsnet.net
<http://www.phantomsnet.net>

NaPa
Emerging Nanopatterning Methods



Pico-Inside

NanoSpain
Spanish Nanotechnology Network
Red Española de Nanotecnología

TNT2005
Trends in NanoTechnology

<http://www.napaip.com>

<http://www.picoinside.org>

<http://www.nanospain.org>

<http://www.tnt2005.org>

En esta sección irán apareciendo las actividades que se están desarrollando en Nanotecnología en el conjunto de España

NANOCIENCIA, NANOTECNOLOGÍA Y ASTURIAS

José María Alameda

NANOCIENCIA, NANOTECNOLOGÍA

A estas alturas, la ciencia conoce bastante bien la materia. Conocemos sus constituyentes más pequeños y cómo se unen para configurar átomos, moléculas o sólidos extensos. Podemos predecir y sintetizar nuevas moléculas, y tenemos las herramientas para analizar las propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas, mecánicas, etc. de los materiales. Todo lo que nos rodea en nuestra vida cotidiana, y a lo que a estas alturas no estaríamos dispuestos a renunciar, se basa en ese conocimiento. La ingeniería ha conseguido hacer económicamente rentables y poner al alcance del común de los mortales los dispositivos que, inicialmente, se desarrollan en los laboratorios de investigación.

Recientemente han surgido unos nuevos términos, *Nanociencia* y *Nanotecnología*, que incluso están a punto de convertirse en una moda. Pero es mucho más que eso. Dichos términos engloban aquellos campos de la ciencia y la técnica en los que se estudian, se obtienen y manipulan de manera controlada materiales, sustancias y dispositivos de muy reducidas dimensiones, inferiores a la micra, es decir a escala *nanométrica*. Recordemos que un nanómetro es la milésima parte de una micra y por lo tanto, una millonésima parte de un milímetro y que, por otro lado, el diámetro de los átomos que constituyen la materia es del orden de dos o tres décimas de nanómetro. Por lo tanto, una partícula material nanométrica con un tamaño comprendido entre 10 y 100 nm, tales como las que se pueden fabricar en la actualidad en los laboratorios, puede contener incluso cientos de millones de átomos. ¿Qué es lo que hace entonces que la escala nanométrica sea particular?

La respuesta está en que las propiedades de la materia son de carácter cooperativo y por ello existen unas dimensiones específicas, llamadas longitudes características, que caracterizan las propiedades magnéticas, eléctricas, etc., de los materiales, y que caen dentro de la escala nanométrica. Cuando fabricamos un cuerpo material cuyo tamaño sea de esta escala, sus propiedades son diferentes a las del material masivo. Dicha escala recibe el nombre de *mesoscópica*, siendo por lo tanto muy grande comparada con la escala atómica, pero muy pequeña comparada con el tamaño de un cuerpo masivo.

Esto es de particular interés en el mundo de la microelectrónica, en donde la progresiva miniaturización de sus componentes obliga a tener que considerar los efectos de la escala mesoscópica en el diseño de nuevos dispositivos, que van desde circuitos integrados para microprocesadores hasta sistemas de almacenamiento de datos, tanto magnéticos (discos duros) como ópticos (CD, DVD).

Por otro lado, uno de los "ladrillos" paradigmáticos de la nanotecnología son los denominados *nanotubos de carbono*. Son macromoléculas compuestas exclusivamente de carbono, por lo tanto con masa molecular pequeña, de forma tubular, grosor del orden de diez nanómetros y longitud en la escala de micras. Presentan un conjunto de características muy relevantes, en particular en lo referente a sus propiedades mecánicas y eléctricas. El primer aspecto les hace candidatos ideales para la creación de nuevos materiales estructurales, por ejemplo aceros más livianos y tenaces, el segundo aspecto tiene gran relevancia en el diseño de dispositivos nanoelectrónicos. Pero además, pueden utilizarse para almacenar moléculas en su interior, por ejemplo metano, y realizar con ello células de combustible que posiblemente en un futuro próximo sustituyan con mayor eficiencia a las pilas de litio en nuestros teléfonos y ordenadores portátiles, que pasarían a recargarse de la misma forma que un encendedor de gas. En general, la utilización de nanopartículas de diferentes tipos de materiales tiene ya una probada utilidad en la fabricación de nuevos materiales estructurales, desde cementos hasta todo tipo de aleaciones metálicas y materiales cerámicos. La nanotecnología se aplica también en muchos otros campos, como por ejemplo en el desarrollo de nuevos productos en el campo de la cosmética, de la industria textil, farmacéutica o en la relacionada con tratamientos superficiales. También en la mejora de los procesos catalíticos, debido, por un lado, al aumento de la superficie específica de materiales realizados por compactación de nanopartículas, y por otro, a las nuevas propiedades catalíticas intrínsecas a esta escala. Esto hace fundamental la contribución de estas tecnologías en el campo de descontaminación medioambiental o en el de la industria petroquímica.

Finalmente, las biomoléculas que controlan los procesos biológicos están también dentro de la escala na-

nométrica. Ello hace que las herramientas experimentales específicas del campo de la nanotecnología puedan ser utilizadas para analizar y comprender con mayor profundidad los fundamentos de dichos procesos e incluso desarrollar estrategias innovadoras para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Nanobiosensores o nuevos procesos no invasivos para la detección y eliminación de tumores, son ejemplos de desarrollos que actualmente se están desarrollando en los laboratorios de investigación.

Todo lo anterior no es más que un muy breve resumen de las implicaciones que el desarrollo de la nanotecnología va a tener en nuestra sociedad en el futuro próximo. La Nanociencia y la Nanotecnología no son por lo tanto simples palabras de moda, sino más bien el inicio de la "revolución de las cosas pequeñas". En muchas de sus aplicaciones industriales no son necesarias grandes inversiones para obtener productos con un elevado valor añadido y, por otro lado, el tiempo que media entre el descubrimiento científico y la aplicación industrial es, en muchos casos, muy corto. En pocas ocasiones de la historia se ha hecho necesario tal grado de cooperación multidisciplinar entre ciencias y técnicas, y la necesaria confluencia de científicos, ingenieros y empresarios imaginativos.

...Y ASTURIAS

Consciente del interés de este nuevo campo de conocimiento y de su repercusión social, el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Oviedo promovió hace pocos años la creación de la Asociación Temática de Investigación (ATI) en Nanociencia y Nanotecnología (www.uniovi.es/vicinves/unidades/asociaciones/nano/index.htm), cuyo objetivo es fomentar la cooperación interdisciplinar entre grupos de investigación de la Universidad de Oviedo y del CSIC-INCAR, informar a los sectores sociales e industriales interesados en este campo y ofrecer servicios tecnológicos aprovechando los recursos instrumentales y de conocimientos disponibles en los grupos que lo forman. La asociación cuenta en la actualidad con 18 grupos de investigación interesados, cubriendo todas las áreas científicas.

Un segundo paso ha consistido en la creación del Laboratorio de Nanotecnología, perteneciente a los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo, gracias al apoyo decidido del Gobierno del Principado de Asturias. Como primera etapa de su desarrollo, en la actualidad se dispone de Sala Limpia, litografías óptica y por haz de electrones y microscopías STM, AFM y MFM, además de otro equipamiento complementario. Dichos equipos, conjuntamente con los propios de los grupos de investigación implicados en la ATI, posibilita un buen número de actividades de investigación en este campo, que van desde lo más aplicado, por ejemplo el desarrollo de sensores, hasta la investigación más bá-

sica, como lo es la medida de fuerzas intermoleculares. Dicho laboratorio se irá complementando en función de las necesidades que pudieran irse detectando en el futuro, a propuesta de los diferentes grupos de investigación de la ATI en Nanociencia y nanotecnología. Es importante recalcar que el laboratorio está abierto a todo tipo de usuarios externos pertenecientes a empresas o centros de investigación no necesariamente pertenecientes a la ATI.

El tercer paso, es la celebración en Asturias del congreso internacional Trends in Nanotechnology 2005 (Oviedo 29 de Agosto a 2 de Septiembre de 2005), organizado por la Universidad de Oviedo, Fundación Phantoms, Universidad Autónoma de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad Carlos III de Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Donostia International Physics Center, NIMS (Japón), Universidad de Purdue (EE.UU.), Georgia Tech. (EE.UU.) y CEA-LETI-DRFMC (Francia) y al que, como en ediciones anteriores se espera que asistan del orden de 400 congresistas pertenecientes a más de 20 países. Por ello, dicho congreso se ha constituido como uno de los más reputados internacionalmente en el campo de la Nanotecnología, como foro de discusión e intercambio de ideas en dicho campo. Además de las sesiones científicas, se tiene intención de organizar una mesa redonda entre empresarios locales e investigadores de empresas y centros investigación, que sirva de foro específico de análisis acerca de las actividades industriales en campo de la nanotecnología.

Finalmente, está este pequeño boletín informativo, que tiene vocación periódica, y uno de cuyos objetivos es difundir las actividades de investigación de los diferentes grupos de nuestra ATI entre las empresas asturianas, haciendo especial énfasis en sus aplicaciones industriales. Se pretende asimismo contar con la contribución de las empresas, mediante breves resúmenes acerca de sus intereses generales y actividades en I+D+i presentes o futuras, no necesariamente restringidas al campo de la Nanotecnología, ya que los recursos instrumentales y humanos de la ATI podrían ser aprovechados por las empresas en cualquier otra temática. Con ello se intenta abrir un cauce de comunicación efectivo que posibilite la interrelación entre los diferentes sectores interesados en actividades de I+D+i en Asturias.

Todo esto no es más que un primer ladrillo. Ahora nos toca construir entre todos la casa.

Departamento de Física
 Universidad de Oviedo
alameda@string1.ciencias.uniovi.es
www.uniovi.es/vicinves/unidades/gruposInv/DptoFisica/Laminas/main.htm

Sección dedicada a informar de los Laboratorios y centros de Nanotecnología, tanto en España como internacionalmente. Facilitando una descripción pormenorizada de los diferentes equipamientos experimentales y líneas de investigación

EL LABORATORIO DE NANOTECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

María Vèlez y José Ignacio Martín

El **Laboratorio de Nanotecnología** se encuentra en el edificio de **Servicios Científico-Técnicos** del campus del Cristo de la **Universidad de Oviedo**. En estas fechas se están terminando de poner a punto las instalaciones y equipos nuevos con los que cuenta, y se espera que estén operativas para el próximo mes de septiembre de 2005, para los investigadores de la Universidad de Oviedo y los usuarios externos que así lo deseen.

El Laboratorio dispone de una **sala limpia** que ocupa una superficie aproximada de 25 m² y que ha sido construida por la compañía Ingelyt. Dicha sala cuenta con varios filtros absolutos de purificación de aire, lo que permite alcanzar la clase 100 de pureza en algunas zonas. La sala se divide fundamentalmente en dos secciones, una de las cuales está completamente libre y a disposición de los investigadores y empresas asturianas que quieran llevar a cabo experimentos y ensayos en condiciones de alta pureza. En la otra sección de la sala se encuentra instalado un sistema de **litografía óptica**, cuyo equipo principal es un alineador de máscaras Q4000-61R de la compañía estadounidense Quintel, que permite obtener con reproducibilidad motivos geométricos y componentes de circuitos con dimensiones laterales tan pequeñas como 5 micras. Para definir los motivos deseados, el equipo puede trabajar con radiación ultravioleta de dos longitudes de onda diferentes: 400 nm y 365 nm. El alineador cuenta con una gran cantidad de accesorios que van a facilitar a los usuarios la posibilidad de trabajar con muestras, sustratos y máscaras con una amplia variedad de tamaños. Asimismo, el sistema dispone de la capacidad de alineamiento mediante radiación infrarroja por la parte posterior de los sustratos, lo que supone un valor añadido respecto a otros equipos instalados en funcionamiento en nuestro país.

Por otra parte, para obtener estructuras con dimensiones laterales aún más pequeñas, el Laboratorio cuenta con un equipo de **litografía electrónica** modelo Elphy Plus de la empresa alemana Raith, que se encuentra operativo en un microscopio electrónico de barrido Leica EVO60. En este sistema la posición del haz de electrones del microscopio puede ser controlada a voluntad por el usuario, lo que permite definir una gran cantidad de estructuras geométricas diferentes, resultando muy adecuado para el diseño de prototipos. La gran resolución que se alcanza con este tipo de litografía está relacionada con la pequeña longitud de onda asociada a los electrones del haz del microscopio, que es aproximadamente dos órdenes de magnitud inferior a la de la radiación ultravioleta de la litografía óptica. Así, este equipo permite la preparación de estructuras y elementos de circuito con dimensiones laterales tan reducidas como 50 nm. Las áreas de trabajo sobre las que se pueden definir las nanoestructuras con este tipo de litografía tienen un tamaño característico de algunas decenas e, incluso, centenas de micras, por lo que es extraordinariamente complementaria con la litografía óptica. Por todo ello resulta muy útil en campos de investigación y desarrollo como la electrónica, la fotónica, el estudio de láminas delgadas con superficie nanoestructurada y fabricación de biosensores.

Finalmente, cabe señalar la presencia en el laboratorio de un **microscopio de barrido de punta** de la compañía española Nanotec con opciones de Microscopía de Fuerza Atómica, Microscopía de Fuerza Magnética, Microscopía Túnel de Barrido y Nanolitografía. Este tipo de microscopios permite la caracterización de superficies en tres dimensiones con una magnificación que puede llegar a ser extremadamente alta (se alcanzan fácilmente 100000 aumentos) y con una resolución por debajo del nanómetro, lo que la hace muy superior a la microscopía óptica. Presenta, además, la ventaja frente a las técnicas más habituales de Microscopía Electrónica (SEM y TEM) de que pueden visualizarse todo tipo de muestras (conductoras y no conductoras) tanto al aire como en presencia de líquidos (esto es, sin necesidad de vacío) y sin una preparación previa compleja.

De este modo, puede obtenerse información a muy pequeña escala de la topografía, textura y rugosidad superficial, lo que resulta de gran utilidad en muy diversos campos: en el estudio de recubrimientos de piezas metálicas, en la identificación de defectos y estructuras resultantes de procesos metalúrgicos, en la caracterización de membranas, en la medida de la textura superficial de los distintos tipos de papel, o en el análisis de superficies de vidrio o cuarzo tratadas químicamente. Asimismo, este tipo de microscopios permite la realización de medidas de fuerza con una gran sensibilidad, con lo que se obtiene información sobre las propiedades elásticas y de fricción del material. Esto resulta de gran interés, por ejemplo, para el desarrollo de estudios sobre tribología a pequeña escala y el análisis de capas de lubricante tanto sólidos como líquidos, o para el estudio de composites poliméricos en los que las distintas fases pueden diferenciarse por sus propiedades mecánicas. También es posible realizar medidas de fuerzas magnéticas o electrostáticas para la caracterización de sistemas de grabado magnético o microcircuitos eléctricos. Finalmente, la posibilidad de realizar medidas en medio líquido resulta de gran interés para estudios en el campo de la biología y los biosensores, ya que la estructura de las moléculas (proteínas, ADN, etc.) puede visualizarse en su medio natural.

En los próximos meses estará disponible una completa información del Laboratorio en la página de la red de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Oviedo: <http://www10.uniovi.es/SCTs>

Departamento de Física
Universidad de Oviedo
mvelez@condmat.uniovi.es
jmartin@condmat.uniovi.es
<http://condmat.uniovi.es>

Sección dedicada a poner de relieve las actividades que en las diferentes ramas de la ciencia y la técnica se desarrollan en Asturias, subrayando sus posibles aplicaciones industriales

CONSTRUCCIÓN DE BIOSENSORES SOBRE SUPERFICIES NANOESTRUCTURADAS

Agustín Costa

Los biosensores son dentro de la biotecnología aquella parte de la misma que tiene como finalidad el desarrollo, puesta a punto y aplicación de pequeños dispositivos que pueden ser usados de forma selectiva para la cuantificación de un analito de interés en una muestra compleja y que se fundamentan en principios biológicos.

Un ejemplo de biosensores típico sería el conocido sensor de glucosa que utiliza electrodos serigrafiados de carbono sobre una pequeña tarjeta de plástico. Estos electrodos serigrafiados modificados adecuadamente

sistemas miniaturizados que una persona no experta pueda llevar consigo para realizar el análisis allí donde se encuentra la muestra o cuando el paciente lo considere oportuno.

El primer avance importante en la consecución de este objetivo ha sido la utilización de electrodos serigrafiados de carbono y de oro para la construcción de biosensores. En la figura 1 se muestra un serigrafiado típico que utiliza en estos momentos el Grupo de Inmuno-electroanálisis de la Universidad de Oviedo para la construcción de biosensores.

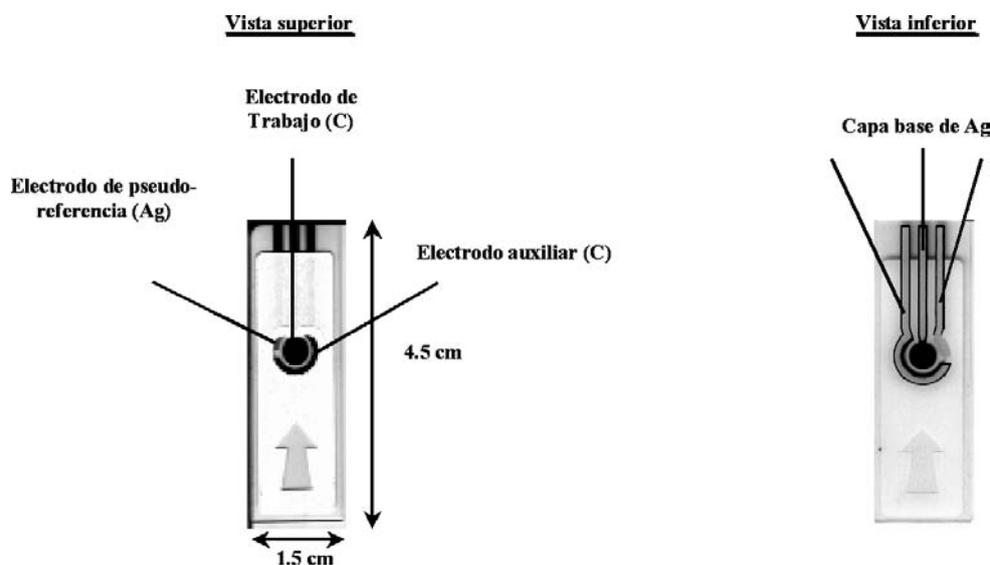


Figura 1. Vista superior e inferior de un electrodo serigrafiado de carbono

te hacen posible que este dispositivo responda exclusivamente a la cantidad de glucosa cuando una gota de sangre se sitúa sobre ellos si están conectados a un medidor adecuado. Las tarjetas son desechables y suelen medir no más de 3 cm² y los medidores suelen ser del tamaño de un teléfono móvil, por lo que cada paciente puede llevar consigo fácilmente el sistema de medida.

Uno de los grandes retos que tiene hoy la cuantificación o control de ciertos analitos de interés clínico, medioambiental o agroalimentario, es el desarrollo de

Nuestro grupo de investigación se está especializando en estos momentos en la construcción de inmuno y genosensores sobre serigrafiados de carbono^{1,2}, investigaciones que en la actualidad están siendo apoyadas por empresas interesadas en el diagnóstico clínico como VITRO, S.A., en instrumentación como GOMENSORO, S.A. o del sector de la ingeniería electrónica como GRUPELEC, S.A. y que probablemente genere una spin-off en nuestra universidad.

La construcción de inmunosensores supone la adecuada inmovilización sobre el material serigrafiado de anticuerpos o fracciones de anticuerpos convenientemente orientados para que el biosensor presente una elevada eficacia en el reconocimiento del analito (hap-

1 M. Díaz González, M.B. González García, A. Costa García, *Bio-sens.Bioelectron.*, 20(10), 2005, 2035-2043.

2 D. Hernández Santos, M. Díaz González, M.B. González García, A. Costa García, *Anal. Chem.*, 76 (23), 2004, 6887-6893.

teno o antígeno) y, además, se pueda adecuar la respuesta del sensor al nivel de concentraciones que interese cuantificar en la muestra. La construcción de genosensores se fundamenta en la adecuada ordenación de una hebra de ADN, complementaria de la secuencia que interesa reconocer en la muestra, sobre el electrodo serigrafiado de carbono.

En ambos casos, tanto para inmunosensores como para genosensores, la orientación se hace a través de la reacción avidina-biotina (figura 2) por lo que siempre es

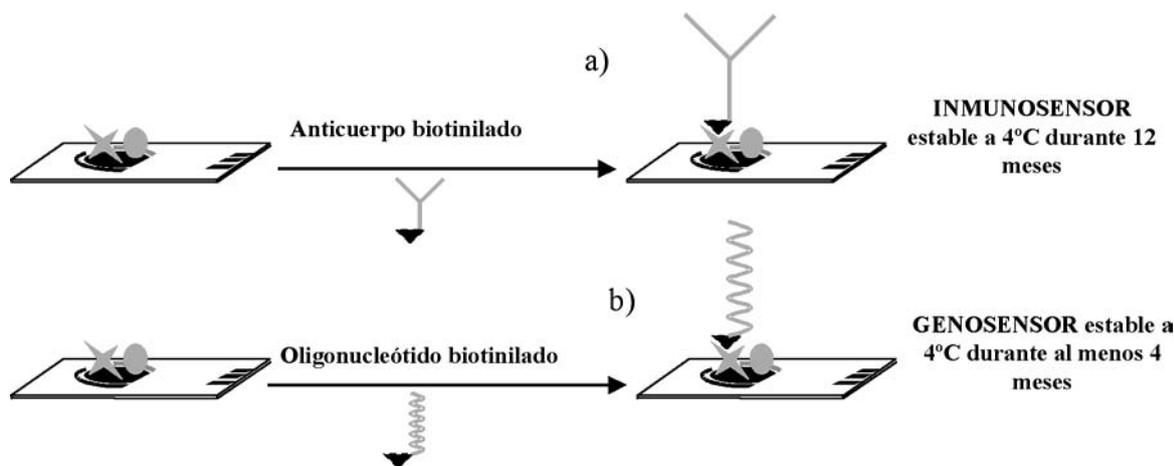


Figura 2. Modificación del electrodo serigrafiado de carbono con anticuerpos (a) o con hebras de ADN (b) utilizando la reacción estreptavidina-biotina

necesario recubrir el electrodo serigrafiado con avidina o derivados de la misma, como puede ser la estreptavidina o la neutravidina y, además, marcar adecuadamente anticuerpos y hebras de ADN con biotina.

La señal analítica habitualmente se consigue a través de una catálisis enzimática que genera un producto electroactivo, y, así, el mismo soporte serigrafiado hace de transductor electroquímico a través del cual, con el medidor adecuado, se registran intensidades de corriente que estarían en relación directa con la concentración del analito en la muestra.

Como anteriormente queda expuesto, inmuno y genosensores constan de dos partes: por una parte estarían las reacciones de reconocimiento biológico y catálisis enzimática, y, por otro, la inmovilización adecuada sobre una superficie que, además, funciona como transductor, en este caso electroquímico. Es aquí, en el desarrollo de nuevas superficies, donde se pueden variar las condiciones para lograr sensores con mejores prestaciones, y, sin duda, las superficies nanoestructuradas son ya parte del presente y constituirán el futuro inmediato para el desarrollo de nuevos biosensores.

Los inconvenientes de los actuales biosensores construidos sobre superficies serigrafiadas son la falta de reproducibilidad y los límites de cuantificación. La mejora de estas deficiencias junto con una mayor miniaturización, son las ventajas que, sin duda, traerán consigo la utilización de superficies nanoestructuradas.

En la actualidad, superficies nanoestructuradas están siendo ya utilizadas en sensores para cuantificar plomo en sangre. Sobre un electrodo serigrafiado como el representado en la figura 1 se adsorben partículas nanométricas de oro que, por su naturaleza y su efecto array, eliminan la interferencia del oxígeno y logran bajos límites de cuantificación de plomo en sangre.³

Las partículas nanométricas de oro y los nanotubos de carbono son dos tipos de partículas que presentan

unas características especialmente interesantes para la fijación de material proteico, por lo que superficies nanoestructuradas construidas con este tipo de materiales podrían facilitar la construcción de sensores enzimáticos, inmunosensores y genosensores con elevadas prestaciones analíticas.

Además, las técnicas litográficas pueden facilitar el diseño y construcción de arrays de oro o de interdigitados de oro que facilitarían tanto el ordenamiento de materiales biológicos como la detección amperométrica o voltamperométrica del producto enzimático fundamento de la señal analítica.

Por todo ello, la posibilidad de que cada paciente o cada persona pudiera llevar en su bolsillo un biosensor, para el control de un parámetro concreto en un líquido biológico de fácil acceso (sangre, orina, saliva) o para el control de una analito particular en una muestra medioambiental o agroalimentaria estaría cada vez más cerca y, además de práctico, sería barato.

Departamento de Química-Física y Analítica
Universidad de Oviedo
costa@fq.uniovi.es

NANOELECTRÓNICA: PREGUNTAS ADECUADAS A ALGUNAS RESPUESTAS SENCILLAS

Jaime Ferrer Rodríguez

1. ¿Qué es la microelectrónica?

Es la tecnología que desarrolla los componentes de todos los dispositivos electrónicos, como teléfonos móviles, ordenadores, etc. Estos componentes suelen aparecer en la forma de circuitos integrados.

2. ¿Por qué se llama microelectrónica?

Un circuito integrado es como una "ciudad", con "casas" y con "calles" que conectan esas casas, que está asentada sobre una oblea de Silicio. Las "personas" que las habitan son los electrones. Según esta analogía, las corrientes eléctricas no son otra cosa que los flujos de personas que vienen y van por las calles. Cuantas más personas vayan en una dirección, mayor será la Intensidad de la corriente en esa dirección. Las casas y calles que se fabrican en estos momentos tienen tamaños del orden de una décima de micra.

3. ¿Qué es una micra?

Una micra es la milésima parte de un milímetro. Para hacerse una idea más clara, lo mejor es coger una regla de 1 metro y dividirla en 1000 segmentos. Cada segmento tiene una longitud de 1 milímetro. Si se divide 1 milímetro en 1000 partes, cada parte tiene una longitud de 1 micra. Si finalmente se divide 1 micra en 1000 trozos, cada trozo tiene una longitud de 1 nanómetro.

4. ¿Por qué esas casas y calles tienen tamaños tan pequeños?

Porque cuanto menor sea su tamaño, más casas y calles se pueden meter en el circuito integrado, aumentando su potencia y sus capacidades. En la década de los cincuenta, las casas y calles eran muy grandes, pero a lo largo de los años se han desarrollado técnicas muy sofisticadas para miniaturizar los componentes, con las que se llega a los tamaños referidos arriba.

5. ¿Pretenden las empresas del sector seguir miniaturizando componentes?

Evidentemente, sí.

6. ¿Se puede seguir miniaturizando de forma indefinida?

No. Existen problemas de fabricación de los dispositivos.

La técnica para fabricar las casas y calles, consiste en escribirlas sobre la oblea de Silicio mediante un haz de

luz muy fino; este proceso se llama Litografía óptica. El tamaño de las casas está limitado por el grosor del lápiz de luz utilizado. Los lápices de luz más finos usan luz ultravioleta, y pueden llegar a hacer dibujos de 0.1 micra.

Existen problemas de funcionamiento de los dispositivos.

Primero, cada casa y cada calle se calientan cuando pasan los electrones, mediante un proceso similar al del calentamiento de una bombilla. Si se colocan muchas bombillas encendidas muy juntas, se produce mucho calor. Del mismo modo, cuanto más se juntan las casas y calles, la concentración de calor crece enormemente.

Las casas se rigen (más o menos) de acuerdo con las reglas aprobadas por la Comunidad de Vecinos. Las reglas de las casas de los dispositivos actuales, cuyo tamaño es de 0.1 micras, son las de la Física clásica que se enseña en el colegio. Las reglas de las casas de 0.01 micras se rigen por las reglas de la Física Cuántica.

7. ¿Existe alguna escapatoria?

Claro que sí. Desde el punto de vista de la fabricación, se han inventado nuevas litografías con lápices de grosor más pequeño, como por ejemplo, la litografía de electrones. Esta técnica permitirá a las empresas de microelectrónica fabricar nanocasas y nanocalles, es decir: miniaturizar las casas y calles un factor 10 o más.

Pero existen alternativas mucho más radicales, que se fijan en los entes más pequeños que existen: los átomos y las moléculas. Una de ellas se llama Electrónica Molecular. Estas alternativas dan la vuelta a todo el planteamiento, y convierten lo que era un problema en una ventaja.

8. ¿Que es la Electrónica Molecular?

Es una concepción radicalmente diferente de la Electrónica. En ella, las casas y las calles son moléculas o incluso átomos. Como una molécula tiene un tamaño del orden de una décima de nanómetro, la reducción del tamaño de los componentes será como pasar de un cubo que tiene de lado una décima de micra, a uno que tiene una décima de nanómetro. Esto es un factor 1000³. Es decir, la Electrónica Molecular podría multiplicar la potencia de los ordenadores por cien o por mil millones, es decir: 100.000.000.

9. Esta gigantesca disminución de tamaños, ¿no conduciría a un incremento enorme del calor generado?

Depende. El calor generado por el hilo de una bombilla depende de la Resistencia Eléctrica de ese hilo.

Para disminuir el calor, no hay más que fabricar circuitos moleculares con resistencia muy pequeñas. Y eso, en principio, se puede conseguir más fácilmente si uno sabe poner las moléculas adecuadas en los sitios acertados.

Además, existe la posibilidad de transmitir información a través del espín de los electrones.

10. ¿Qué es eso del espín de un electrón?

Es una especie de flecha que atraviesa cada electrón. Un electrón es una especie de bola que gira. Si gira en el sentido de las agujas del reloj, la flecha o espín apunta hacia arriba, y si gira en sentido anti-horario, la flecha apunta para abajo. Por poner una analogía, es como si las personas que pueblan las casas y las calles pudieran ser zurdas o diestras. De este modo, podremos generar corrientes de personas de dos tipos: zurdos o diestros. La tecnología que aprovecha la información que se transmite en estas corrientes se llama espintrónica. Es la tecnología que se utiliza para fabricar los discos duros y la memorias RAM de los ordenadores.

11. ¿Por qué las corrientes de espín pueden producir menos calor?

La cantidad de calor que se produce en un punto de un circuito, además de ser proporcional a la Resistencia, lo es a la Intensidad de la corriente que cruza ese punto. En términos de la analogía ciudadana, el calor producido en un sitio de una calle es proporcional al flujo total de personas que cruzan ese sitio. La espintrónica es capaz de dividir las corrientes de personas en corrientes en que todas las personas son zurdas o todas son diestras, e incluso mezclarlas a voluntad. Si se hace pasar la corriente de personas zurdas en un sentido, y la de personas diestras en sentido opuesto, el flujo total es cero. No se produce calor, por tanto, pero se transmite información.

12. ¿Llegarán a plasmarse estos campos de investigación en dispositivos comerciales?

La Electrónica Molecular está todavía en fase de investigación. Todavía existen muchos problemas que hay que resolver hasta que se puedan fabricar dispositivos estables y duraderos que sirvan para algo. Los científicos no tenemos una bola de cristal que prediga el futuro. Pero tenemos fundadas esperanzas en que La Nanoelectrónica y la Electrónica Molecular lleguen a ser las Electrónicas del Siglo XXI. La microelectrónica llegará a sus límites en 10, 20 o 30 años como mucho. Si la microelectrónica no desemboca en la Nanoelectrónica, la electrónica no progresará más.

13. ¿Tiene sentido comercial invertir en I+D+i en Nanoelectrónica?

La Nanoelectrónica es una de las tecnologías del futuro. Es evidente que la inversión que requiere en términos de personal altamente cualificado y de infraestructura es muy superior a la de otras ramas de los sectores industrial o de servicios, y quizás los márgenes de beneficios sean menores que los que se obtienen en estos momentos en otros sectores, como pueden ser la construcción o el turismo. El desarrollo de un tejido de empresas especializadas en Nanoelectrónica no es algo que se pueda improvisar. Requiere una apuesta decidida del Gobierno Regional y de las asociaciones empresariales. La inversión ha de ser a largo plazo, y especialmente orientada a conseguir una masa crítica razonable de personal especializado, científicos, ingenieros o tecnólogos, economistas y comerciales. Nuestra región carece de ese personal, pero también carecen de él la mayoría de las regiones de Europa. Es ahora un buen momento para tomar la iniciativa.

14. ¿De que medios se dispone en Asturias para crear una plataforma industrial nanoelectrónica?

La Universidad de Oviedo ha creado una Asociación Temática de Investigación en Nanotecnología, que agrupa a todos aquellos investigadores que trabajan en el campo, o están interesados en seguir su desarrollo. La propia Universidad y el Gobierno Regional han creado un Laboratorio básico de Nanotecnología, que cuenta con una Sala Blanca y varios equipos de Litografía Óptica y Electrónica. Este Laboratorio está integrado en los Servicios Comunes de la Universidad, servicios que se ofertan a todos los investigadores y empresarios de la región.

Información más detallada sobre la Nanoelectrónica puede encontrarse en una variedad de artículos de investigación o divulgación. El autor sugiere la lectura del **Programa de Electrónica Molecular de la European Science Foundation** (<http://www.esf.org>). Quien esté interesado en ahondar en los conceptos de la Espintrónica Molecular, la referencia es el **Towards Molecular Spintronics**, aparecido en la revista **Nature Materials**, (Nat. Mat. 4, 335 (2005)), donde se predice la posibilidad de hacer Espintrónica Molecular, .

Departamento de Física
Universidad de Oviedo

ferrer@condmat.uniovi.es
<http://condmat.uniovi.es/condensada/teorica/index.html>

LA NANOESCALA EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIOAMBIENTE

Manuel Prieto

Aunque Nanociencia y Nanotecnología no son campos estrictamente nuevos, su rápida expansión está convulsionando a diversas ramas de la ciencia y particularmente a las Ciencias de la Tierra. Hoy sabemos que la mayoría de los procesos geoquímicos está gobernada por fenómenos que ocurren a escala nanométrica, involucrando en muchos casos a pequeñas partículas y nanofases. Muchos de estos fenómenos se producen en la "zona crítica" en la que interactúan tierra, aire y agua y en el ambiente subsuperficial inmediato, rigiendo procesos que son de importancia crucial para la sociedad humana: el transporte de metales y sustancias orgánicas en ambientes superficiales y en el subsuelo, los ciclos geoquímicos y climáticos globales, el transporte de partículas atmosféricas y su reactividad, la naturaleza y comportamiento físico-químico de los suelos, la acción geoquímica microbiana, etc. Los científicos de la Tierra se enfrentan al reto de integrar la escala nanométrica en un amplio rango de escalas espaciales y temporales. Dicha integración es necesaria para resolver problemas como la monitorización y minimización de los efectos de la contaminación, la evaluación de la toxicidad de materiales y la estimación de los flujos de material entre los diferentes almacenes geoquímicos de planeta.

Por otra parte, la Tierra es un reactor químico que ha estado realizando experimentos de síntesis durante millones de años, involucrando la tabla periódica de los elementos al completo y utilizando una gran diversidad de condiciones de presión, temperatura, organismos vivientes y tiempo. En ese sentido, la Tierra ha "explorado" un inmenso rango de estructuras y condiciones y ha generado una increíble diversidad de materiales, muchos de los cuales, especialmente los nanomateriales, están todavía sin caracterizar des-

de del punto de vista de sus posibles aplicaciones funcionales.

Aunque la caracterización de nanopartículas naturales es una preocupación reciente en el campo de las geociencias, los datos disponibles permiten asegurar que son extremadamente comunes. El hecho de que representen una pequeña fracción de la masa de materiales terrestres no impide que su reactividad pueda ser determinante en muchos ambientes acuosos y atmosféricos, debido a su metaestabilidad y a su elevada área superficial específica. Jugando con nanopartículas la distinción entre solutos, agregados moleculares, macromoléculas, y coloides es ambigua, y es igualmente incierta la discriminación entre amorfos, sólidos desordenados y sólidos cristalinos. Las "nanogeociencias" se enfrentan al reto de caracterizar un sinnúmero de nuevas nanofases y para ello disponen de las herramientas instrumentales y conceptuales comunes a todas las nanociencias, aunque en este caso han de aplicarse a sistemas de enorme complejidad físico-química. La utilización de grandes instalaciones (fuentes sincrotrón y de neutrones) junto con técnicas instrumentales más convencionales (microscopía electrónica, microscopía de fuerza atómica, espectroscopías Raman e infrarroja, difracción de rayos X convencional, etc.) y con la realización de simulaciones moleculares, está suponiendo una eclosión de las nanogeociencias en la presente década. Los beneficios de esta eclosión se van a reflejar en múltiples campos, relacionados esencialmente con el medioambiente, pero también con la posibilidad de manufacturar nuevos materiales geomiméticos.

Muchos materiales geológicos son desde hace tiempo la base de productos industriales, pero es necesario explorar el potencial de las nanopartículas para extender esos usos. Por ejemplo, algunas nanofases minerales se usan en la actualidad en

estadios esenciales de la síntesis de productos farmacéuticos y es de esperar que otras nanofases naturales puedan tener aplicaciones similares. La elaboración de materiales biocompatibles para implantes se basa en la comprensión de la biomineralización, un proceso cuyas claves están esencialmente en la nanoescala.

El Grupo de "Crecimiento de Cristales y Geoquímica de Aguas" del Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo lleva más de una década aplicando conceptos procedentes del campo del crecimiento cristalino a problemas geoquímicos y ambientales que involucran interacciones agua-mineral. El estudio de la reactividad de las superficies minerales tiene cerca de 50 años de antigüedad. Los avances en este campo han sido esenciales para la comprensión y resolución de numerosos problemas de relevancia socioeconómica, especialmente aquellos que afectan a la movilidad de contaminantes en suelos, sedimentos y acuíferos. Sin embargo, hasta fechas recientes, los estudios de reactividad se han realizado esencialmente monitorizando la cinética de los procesos implicados (disolución, precipitación, adsorción, etc.) a escala macroscópica. Desgraciadamente, los parámetros obtenidos en esos estudios son de difícil generalización. La razón estriba en que no se apoyan en un conocimiento real de los mecanismos que operan a escala molecular. Actualmente, las observaciones a escala nanométrica están permitiendo comprender el funcionamiento de esos mecanismos íntimos y propiciando la reformulación de muchos conceptos fundamentales en este campo. Por ejemplo, parece claro que bajo la denominación tradicional de "lixiviación" o disolución mineral incongruente se esconden en realidad una gran variedad de subprocesos con cinéticas acopladas: disolución, transporte en volumen, fenómenos de capa límite, difusión de superficie, nucleación y crecimiento de nuevas fases (eventualmente nanofases) sobre la superficie del mineral original, fenómenos de recubrimiento, etc.

Algo similar sucede con la incorporación (sorci3n) de contaminantes en la superficie de los minerales. Los métodos macrosc3picos proporcionan informaci3n implícita sobre la naturaleza de la sorci3n, pero son insuficientes para caracterizar la

identidad y estequiometría de las entidades sorbidas. Los estudios macrosc3picos necesitan el complemento de técnicas de superficie capaces de proporcionar informaci3n sobre el sorbato a escala molecular, sus mecanismos de crecimiento y su distribuci3n espacial. Estudios recientes de nuestro grupo ilustran que la eficacia de la sorci3n depende drásticamente de las relaciones cristalográficas entre sorbato y sorbente. Cuando la sorci3n se produce por precipitaci3n de superficie, la "capacidad de sorci3n" del sustrato está limitada por la cantidad de precipitado que puede formarse sin "proteger" al sustrato de su ulterior disoluci3n o alteraci3n. Si sustrato y precipitado son iso-estructurales y existe un buen ajuste entre ambas estructuras, el proceso de sorci3n puede bloquearse con el crecimiento de una capa de espesor nanométrico o incluso con una capa mono-molecular única. En el extremo opuesto, si sustrato y precipitado son diferentes estructuralmente y no se produce orientaci3n epitaxial, la cantidad de precipitado necesaria para recubrir completamente el sustrato es considerable. Obviamente, la determinaci3n de las relaciones espaciales sustrato-precipitado requiere la utilizaci3n de técnicas que permitan la observaci3n y caracterizaci3n (*in situ* y *ex situ*) del proceso de sorci3n a escala nanométrica.

En definitiva, el estudio de los mecanismos que, a escala nanométrica, determinan la eficacia de la sorci3n es clave en la preparaci3n de materiales para la construcci3n de "barreras de remedio pasivo" eficaces frente a diferentes tipos de contaminantes. La caracterizaci3n y observaci3n a escala nanométrica de los procesos de sorci3n de metales sobre diferentes carbonatos y sulfatos constituye una de las líneas esenciales de investigaci3n del grupo de Crecimiento de Cristales y Geoquímica de Aguas de la Universidad de Oviedo. Esta línea ha dado lugar a importantes aplicaciones, particularmente en lo relativo a la utilizaci3n de carbonatos biogénicos de tipo aragonito en barreras geoquímicas para retenci3n de metales tóxicos.

Departamento de Geología
Universidad de Oviedo
mprieto@geol.uniovi.es
[www.geol.uniovi.es/Investigacion/
CrystalGrowth/html](http://www.geol.uniovi.es/Investigacion/CrystalGrowth/html)

APLICACIONES DE NANOTECNOLOGÍA EN MEDICINA

Luis M. Sánchez, Xosé S. Puente y Carlos López Otín

La miniaturización es uno de los factores más importantes para el desarrollo de la tecnología. Hoy, este proceso está llegando a una frontera crucial: la creación de aparatos lo bastante pequeños como para manipular individualmente moléculas y átomos. Esta manipulación individualizada permitirá ejecutar tareas de enorme precisión y sofisticación. Los seres vivos somos buenos ejemplos de las capacidades de la nanotecnología. Cada uno de los más de 20.000 genes del genoma humano es una secuencia de instrucciones para crear una nanomáquina biológica. Algunas de estas nanomáquinas o macromoléculas biológicas procesan las instrucciones de los genes, otras actúan como sensores, reactores químicos, sistemas de defensa, etc. Su acción concertada crea las características fundamentales de los seres vivos: individualidad, complejidad, homeostasis, crecimiento...

La nanotecnología artificial está aún en sus comienzos en muchos campos. Sin embargo, algunas de sus primeras aplicaciones médicas ya están comercializándose. Algunos ejemplos de las aplicaciones presentes y futuras de la nanotecnología en medicina son los siguientes:

Secuenciadores de ácidos nucleicos: Los amplificadores y los secuenciadores de ácidos nucleicos son los dos equipos fundamentales de los proyectos genoma, y se usan cada vez más en la clínica para el diagnóstico y pronóstico de tumores y otras enfermedades. Existe un primer modelo de nanosecuenciador. Consiste en una membrana lipídica con un nanocanal formado por la proteína hemolisina. Un campo eléctrico empuja los ácidos nucleicos contra la membrana, haciendo que atra-

viesen el canal uno a uno. Según lo van atravesando, cada base de la secuencia perturba la corriente de forma ligeramente distinta. Una versión perfeccionada permitiría secuenciar con enorme economía y rapidez.

Radiocontroles: Un nanocrystal de unos cien átomos de oro actúa como una antena capaz de recibir una radiofrecuencia específica. Estos cristales se han acoplado a enzimas que catalizan una reacción bioquímica. Cuando los nanocristales reciben un pulso de su radiofrecuencia específica, se calientan desactivando el enzima acoplado sin perturbar el resto del entorno. También se han acoplado nanocristales y secuencias de ADN diseñadas para que se unan a zonas concretas del genoma. Estas secuencias activan o inhiben el procesamiento de determinados genes. Al dar el pulso de radiofrecuencia, el calor generado hace las secuencias acopladas se despeguen del genoma.

Materiales biocompatibles: La diabetes es una enfermedad causada por un ataque autoinmune contra las células β , productoras de insulina. Podríamos envolver células β , en membranas con nanoporos ya existentes, e inyectarlas en el tejido subcutáneo del paciente. Dichas células intercambiarían glucosa e insulina a través de los nanoporos, corrigiendo la enfermedad. Además, estarían a salvo del ataque autoinmune porque los nanoporos son demasiado estrechos para que pasen las macromoléculas del sistema inmune.

Retinas artificiales: Los pixels de las cámaras de video son CCDs que convierten la luz recibida en

carga eléctrica, y la descargan a frecuencias fijas. Un equipo miniaturizado podría reemplazar una retina desprendida o dañada. Cada CCD estaría asentado sobre una terminal nerviosa y sus descargas eléctricas actuarían como irritantes suaves que activarían la célula nerviosa.

Transportadores de fármacos: Muchos productos de gran eficacia en el laboratorio no pueden usarse en la clínica porque son poco solubles, se degradan rápidamente, dañan tejidos sanos, etc. Se han creado nanocápsulas que absorben rayos infrarrojos, calentándose y liberando su contenido. Las nanocápsulas se distribuyen por el organismo, y unos láseres infrarrojos, los cuales penetran los tejidos sin dañarlos, permiten seleccionar el momento y lugar donde se liberará el fármaco. Otros usan cápsidas virales con receptores modificados para células específicas. Una vez adosados a esas células, la cápsida viral inyecta su contenido en la célula, pero esta vez transporta medicamentos en vez de material genético viral.

Respirocitos: Se están desarrollando microesferas huecas de diamante, rellenas con oxígeno a mil atmósferas de presión. Tal presión es muy elevada, pero la superficie de la esfera es tan pequeña que la fuerza neta es mínima y la esfera es estable. Una vez inyectadas en el torrente circulatorio, estas esferas usarían sensores superficiales y la propia glucosa del paciente para ajustar el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono con los tejidos. Debido a su gran capacidad para transportar gases, bastaría un mililitro de esferas para reemplazar una transfusión de un litro de sangre.

Sistemas dendríticos: Los tumores sólidos sólo pueden sobrevivir cuando inducen la formación de vasos sanguíneos que los alimenten. Estos vasos poseen macromoléculas denominadas integrinas que no existen en los vasos normales. Se han creado nanopartículas que llevan incorporadas dos macromoléculas. Un receptor para integrinas y un gen tóxico. Estas nanopartículas se unen a las cé-

lulas de los vasos sanguíneos del tumor y las destruyen, asfixiando el tumor. Sistemas similares llegarán a ser mucho más sofisticados. Se pueden incorporar varios tipos de macromoléculas receptoras para mejorar la discriminación, como hacen nuestras propias células. O se pueden hacer nanopartículas que tengan varias dendritas especializadas. Una dendrita podría contener péptidos específicos. Si hay metástasis cerca, su actividad invasora degradará esos péptidos. Este paso inmovilizaría la nanopartícula y otra dendrita actuaría como marcador para señalar la localización de la metástasis. Una tercera atacaría las células próximas. Otras dendritas podrían evaluar la eficacia del ataque detectando ácido úrico o algún otro producto de la lisis celular.

Bio-robots: Todos los seres vivos actuales son complejos porque son el resultado de millones de generaciones de evolución. Hay dos proyectos para crear un microorganismo que sólo tenga los trescientos genes que son esenciales para la vida. Un proyecto ha escogido un microorganismo con muy pocos genes y está eliminando los que son prescindibles. El otro proyecto está sintetizando esos trescientos genes artificialmente. La simplicidad de estos microorganismos mínimos permitiría programarlos fácilmente. Se podría fijar el número de veces que se van a dividir, añadir unos genes para que produzcan vitaminas de forma regulada, o enzimas que corrijan enfermedades hereditarias, o sistemas de eliminación de tóxicos o patógenos.

Departamento de Bioquímica
 Instituto Universitario de Oncología (IUOPA),
 Universidad de Oviedo
Imsp@uniovi.es
xspuente@uniovi.es
clo@uniovi.es
www.uniovi.es/degradome

NUEVAS OPORTUNIDADES PARA ASTURIAS EN EL DESARROLLO DE NUEVOS MATERIALES NANOESTRUCTURADOS: EL PROYECTO IP NANOKER

Ramón Torrecillas

Los materiales avanzados industrializados en la actualidad no cumplen con los requerimientos exigidos por muchas innovaciones tecnológicas que supondrían un gran avance para nuestra sociedad. Esto se debe fundamentalmente al hecho de que, hasta el momento actual, ha sido imposible combinar en un mismo material un gran rendimiento mecánico con alguna funcionalidad crítica necesaria para su aplicación.

Así, por ejemplo, la biocompatibilidad requerida en los materiales utilizados en implantes dentales, ha restringido a unos pocos el número de materiales metálicos y cerámicos utilizados, como por ejemplo titanio, alúmina, zircona e hidroxipatito. Estos materiales poseen un denominador común, y es que su comportamiento mecánico no es el ideal para este tipo de aplicación, aunque poseen la funcionalidad particular que limita la utilización de materiales más resistentes.

En el caso de las aplicaciones ópticas la funcionalidad crítica sería la transparencia. Los vidrios poseen una fragilidad, una resistencia mecánica y una baja dureza que los hace inservibles para muchas aplicaciones, como la aeronáutica o los elementos de iluminación de muy alta potencia. Debido a su alta refractividad, sólo algunas cerámicas cumplirían con las exigencias de este tipo de sistemas, siempre que seamos capaces de hacerlas transparentes, lo cual hasta el momento sólo ha sido posible mediante la utilización de monocristales de tamaño limitado debido a problemas de producción, y a un precio astronómico.

Tomemos las herramientas de corte como último ejemplo. La utilización del diamante en herramientas de mecanizado está limitada, en algunos casos, debido a la reacción de éste con el material a mecanizar, lo que supone que estos procesos sean más lentos y que su coste se dispare en algunos casos. Las cerámicas constituyen una alternativa bien conocida. Sin embargo algunas de sus propiedades intrínsecas como su baja conductividad térmica, restringen el número de candidatos a sólo algunas cerámicas de alto coste.

El Grupo de Materiales Nanoestructurados del Instituto Nacional del Carbón perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas, participa en un ambicioso proyecto de investigación denominado IP NANOKER, "Structural Ceramic Nanocomposites for Top-End Functional Applications", cofinanciado por la Comisión Europea dentro del VI Programa Marco de Investigación en el epígrafe dedicado a "Nanotecnologías y nanociencias, materiales funcionales basados en el conocimiento y nuevos procesos de producción y microdispositivos". En este proyecto participan 17 empresas y 8 centros de investigación y universidades europeas, con un presupuesto total cercano a los 20 millones de euros y una duración de 4 años a partir del 1º de Mayo de 2005. Representan la participación asturiana en este proyecto el CSIC a través de Ramón Torrecillas, coordinador del proyecto, la FICYT que actúa como "Project Management Office" dirigido por Christopher Lillothe, así como la empresa Astursinter de Oviedo.

El objetivo de este proyecto integrado (IP) consiste en encontrar soluciones basadas en materiales cerámicos que permitan el desarrollo industrial de nanocerámicas (<100nm) y nanocompuestos (<10 nm) para aplicaciones funcionales y estructurales en nuevas tecnologías emergentes, que no pueden desarrollarse mediante una mejora y control de los materiales ya existentes, sino que requiere nuevos conceptos de investigación basados en el conocimiento generado en el proyecto sobre sistemas nanoestructurados y nanocompuestos. Los "Nanocomposites" son materiales densos constituidos por nanocristales cerámicos y metálicos. El término "nanocomposite" incluye un amplio e innovador conjunto de nuevos materiales para aplicaciones en ingeniería, con propiedades únicas, que solo se manifiestan en sistemas nanoestructurados.

La futura incorporación de estos nanocomposites a la industria sólo se producirá si somos capaces de consolidarlos a partir de materias primas sintéticas nanoestructuradas, manteniendo su característica primordial, es decir, su nanoestructura.

Los métodos tradicionales de producción de materiales presentan graves limitaciones por no permitir mantener el tamaño de los cristales constituyentes en el rango de los nanómetros. Esto significa que el desarrollo de lo "nanocomposites" no implica únicamente el desarrollo de materias primas nanométricas, sino que serán necesarias investigaciones y nuevos desarrollos en cada una de las etapas que constituyen la cadena de valor añadido en la producción de materiales compuestos.

La utilización final de estos nuevos componentes nanoestructurados sólo será posible mediante una selección apropiada y un diseño de nuevas microestructuras por parte de químicos, físicos y otros científicos trabajando de forma interdisciplinar en el campo de los nuevos materiales, nuevos conceptos en el diseño de componentes de mano de los ingenieros de materiales así como el desarrollo de nuevas tecnologías de producción, siem-

pre con el fin de conseguir la mayor efectividad de costes posible en la etapa de su industrialización.

IP Nanoker desarrolla sus investigaciones en 15 campos concretos de aplicación industrial: nuevos implantes de cadera, rodilla y dentales, así como válvulas de corazón, con tiempos de vida muy superiores a los actualmente utilizados, nuevos sustitutos óseos que permitan el control de la respuesta celular y del tejido vivo adyacente al implante mediante la introducción de agentes biológicos como factores de crecimiento, para promover la formación de materiales osteogénicos, nuevas ventanas de radiación para la guía de satélites, nuevos espejos para satélites con alta estabilidad y rugosidad superficial inferior a 0.7 nm, sistemas multicapa de extrema dureza para protección de elementos ópticos, nuevos láseres policristalinos de alta eficiencia, componentes y recubrimientos nanoestructurados para motores en aeronáutica, nuevos materiales cerámicos electromecanizables, materiales nanoestructurados de carbono para células de combustible y microdispositivos, nuevos materiales metal-cerámica de extrema dureza para herramientas de corte y finalmente materiales nanoestructurados resistentes a la fluencia.

Un objetivo que se persigue en este proyecto impulsar la creación de nuevas empresas de base tecnológica con el fin de explotar en Asturias algunos resultados del proyecto. Por otro lado se pretende que las empresas asturianas tomen conciencia de las ventajas que puede tener para su futuro, bien la incorporación de nuevos productos basados en la nanotecnología a sus procesos actuales con la consiguiente mejora en rentabilidad, bien la participación en la producción de nuevos productos y soluciones basados en la nanotecnología como nuevas líneas de negocio de alto valor añadido.

Instituto Nacional del Carbón (INCAR-CSIC)

rtorre@incar.csic.es

www.incar.csic.es

Es importante que aparezcan en este Boletín las actividades en países de América Latina, siguiendo con especial interés aquellas que investigadores latinoamericanos realizan en laboratorios y centros de excelencia internacionales

NANOTECNOLOGÍA EN LA UNAM DE MÉXICO

De las diversas actividades en nanociencia y nanotecnología que se desarrollan en México cabe señalar en primer lugar la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En el Instituto de Física de la UNAM (IFUNAM) existen distintos grupos de trabajo dedicados a la investigación científica en el ámbito de la Nanociencia. Un hecho relevante tuvo lugar en 2002, cuando dichos grupos de investigación se configuraron creando la *Red de Grupos de Investigación en Nanociencia* (REGINA). Esta Red tiene los siguientes objetivos: Promover la colaboración entre grupos de investigación del Instituto de Física de la UNAM en el tema de Nanociencia, con el fin de generar proyectos interdisciplinarios. Organizar eventos académicos (Coloquios, Conferencias, Seminarios, Cursos, etc.) en el tema de Nanociencia, de forma coordinada, tomando en cuenta los intereses de los grupos de investigación participantes. Realizar la difusión del trabajo de investigación de manera organizada. Representar al IFUNAM en las redes equivalentes, a nivel UNAM, nacional e internacional. La Red REGINA cubre cuatro áreas básicas: Síntesis; Caracterización; Modelado; y Aplicaciones. Recogiendo algunas de las líneas de investigación de sus grupos de trabajo, cabría citar, por ejemplo: Crecimiento de Nanopartículas por implantación de iones. Caracterización y propiedades ópticas de nanoestructuras. Física computacional de nanomateriales. Nanomáquinas y nanoestructuras. Microscopía electrónica de nanoestructuras. Propiedades ópticas

de nanocompositos. Orden atómico local en nanocristales. Nanobiología.

Se realizan, por otra parte, estudios sobre nanotecnología en la propia UNAM; en el Centro de Materiales Avanzados y el Instituto Potosino de Investigación; en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), etc. Un centro relevante en la nanociencia y la nanotecnología es el mencionado Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), que cuenta como responsables a los hermanos Mauricio Terrones y Humberto Terrones, pioneros de la nanociencia del carbono en México y destacados científicos. El primero dirige el Grupo de Materiales Avanzados; y Humberto Terrones es el director del Centro Nacional de Caracterización de Materiales Avanzados. Recientemente ha tenido lugar, organizada por el propio IPICYT, la *IV Reunión de Nanociencias y Nanotecnología. Hacia un Programa Nacional*, del 18 al 20 de mayo pasado, en San Luis Potosí. Cabe señalar, finalmente, entre las actividades que se desarrollan en nanotecnología, en México, el *XIV Congreso Internacional de Investigación en Materiales*, que tendrá lugar en Cancún, del 21 al 25 de agosto, organizado, entre otros, por la Academia Mexicana de Ciencia de Materiales y la International Union of Materials Research Societies.

LA RED NANOSPAIN

La Red Española de Nanotecnología, NanoSpain, coordinada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Fundación PHANTOMS, es la principal red y punto de encuentro de la Nanotecnología en España. Cuenta actualmente con 159 grupos de investigación y unos mil investigadores, pertenecientes a universidades, CSIC, parques científicos, empresas y centros tecnológicos. Es reciente aún la celebración de su Segunda Reunión, (2nd NanoSpain Workshop), del 14 al 17 de marzo 2005, en el Parque Científico de Barcelona, organizada por la Fundación Phantoms, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Parque Científico de Barcelona, Universidad Autónoma de Madrid, y el Donostia International Physics Center.

Esta importante Reunión de la Red NanoSpain se estructuró en las siguientes áreas temáticas: Métodos avanzados de nanofabricación: Nanobiotecnología; Nanomateriales; NanoQuímica; Nanoelectrónica / Electrónica Molecular; Microscopía de barrido electrónico (SPM); Infraestructuras científicas y Parques Científicos; Simulación en la nanoescala.

La Red NanoSpain, en la que figuran universidades, centros de investigación, empresas e instituciones, se plantea entre sus objetivos: Facilitar la planificación y coordinación de la investigación. Diseminar Iniciativas en el ámbito de la Nanotecnología. Promover el intercambio de conocimiento entre grupos españoles que trabajan en los di-

ferentes campos con la nanotecnología (en el sector público y privado). Facilitar transferencia tecnológica de resultados importantes. Divulgación de los resultados de las investigaciones (publicaciones, abstracts, referencias por grupos, Conferencias, etc.), informes de la Unión Europea, resultados de proyectos de la Unión Europea (NID, FET), patentes, etc. Finalmente, un objetivo prioritario de la Red NanoSpain es el de elaborar documentos que sirvan para promocionar la Nanotecnología en España, apoyando las decisiones de los órganos competentes en la planificación científica.

Son Coordinadores de la Red NanoSpain: Antonio Correia (PHANTOMS Foundation), y Fernando Briones (CNM-CSIC), Cuenta asimismo con un Comité Científico, integrado por cualificados representantes de universidades, centros de investigación, y empresa.

Persona de contacto de NanoSpain:

José Luis Roldán (PHANTOMS Foundation)

E-mail: jlroldan@nanospain.org

Phantoms Foundation. Universidad Autónoma
de Madrid

Parque Científico de Madrid. Pabellón C.
28049 Madrid (España)

(<http://www.nanospain.org>)

PREMIO JAIME I DE NUEVAS TECNOLOGÍAS A FERNANDO BRIONES

El Premio Rey Jaime I, de la Comunidad Valenciana, en su edición de 2005, en la categoría de Nuevas Tecnologías, ha sido concedido al investigador Fernando Briones, por sus contribuciones en el área de la Nanotecnología. Se han valorado sus trabajos pioneros en el desarrollo de la técnica de epitaxia de haces moleculares que le condujeron a la obtención de varias patentes internacionales, y que le proporcionaron un gran reconocimiento científico y tecnológico. Fernando Briones es director del Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC); y es, asimismo, coordinador de la importante Red NanoSpain, que integra, en España, centros de investigación, universidades, empresas, etc., en el campo de la nanotecnología. Fernando Briones, agradeciendo el premio, señaló que el centro que dirige lleva cerca de diez años trabajando en el área de la Nanotecnología, a la que dedican el 80 por ciento de su producción.

CIENTIFICOS JAPONESES MUEVEN ATOMOS A TEMPERATURA AMBIENTE

Un grupo de científicos de la Universidad de Osaka (Japón) ha logrado mover átomos individuales lateralmente sobre una superficie, siendo realizada la experiencia a temperatura ambiente, y utilizando un microscopio de fuerzas atómicas (AFM). El ensayo efectuado ha sido publicado en la revista *Nature Materials*. Forma parte de dicho equipo científico el investigador español Oscar Custance. Un hecho nuevo y relevante es que dicha manipulación de átomos haya sido efectuada a temperatura ambiente, puesto que experiencias anteriores, una de desplazamiento lateral de un átomo (en 1990), y otra realizándolo en sentido vertical (en 1991), fueron llevadas a cabo a temperaturas criogénicas de -269 grados centígrados.

Los científicos japoneses han querido poner de relieve la eficacia de su técnica escribiendo el símbolo del estaño (Sn) sobre una superficie de germanio. Por otra parte, las complejas y largas operaciones de manipulación de átomos en el curso del experimento se han visto facilitadas, y reducidas en tiempo, mediante la utilización de un instrumento denominado *Dulcinea*, desarrollado por la empresa española Nanotec (<http://www.nanotec.es>)

COMBATIR EL CÁNCER CON NANOPARTÍCULAS

Las investigadoras de la Rice University, Rebekah Drezek y Jennifer West, han desarrollado una nueva técnica para combatir el cáncer, que se basa en la utilización de nanopartículas con las que detectar y destruir las células cancerosas. El trabajo de las dos investigadoras, informando de los resultados obtenidos, fue publicado por la revista *Nano Letters*, de la

American Chemical Society, en su número 13. Drezek y West, profesoras del Departamento de Bioingeniería de Rice University (Texas) han colaborado para desarrollar una nueva técnica de detección y método de tratamiento, utilizando marcadores moleculares basados en "nanoshells" metálicas, diminutas esferas de silicio, construidas a escala nanométrica, recubiertas con una fina capa de oro. A esta escala, esas diminutas esferas presentan propiedades ópticas ajustables, que permiten a los investigadores el diseño de partículas que dispersan o absorben la luz para longitudes de onda específicas. La dispersión óptica sirve para detectar las células cancerosas y, por otro lado, la fuerte adsorción óptica de las "nanoshells" produce un aumento de temperatura que permite destruir dichas células. El tamaño de las partículas puede ajustarse para que ambos efectos ocurran en la región óptica correspondiente al Infrarrojo Cercano, radiación luminosa cuya penetración a través de los tejidos es bastante elevada, posibilitando, por todo ello, una técnica de destrucción de tumores mucho menos invasiva que las correspondientes a radiaciones de mayor energía. Por otra parte, las partículas de oro son más biocompatibles que otros tipos de nanopartículas ópticamente activas, como es el caso de los "quantum dots".

ESCRIBIENDO EL QUIJOTE CON ESCRITURA MICROSCÓPICA

En este año 2005, en que se conmemora el cuarto centenario del Quijote y que también es el Año Mundial de la Física, una original y feliz idea ha sido, sin duda, la de celebrarlo escribiendo el primer párrafo del inmortal libro sobre una diminuta plaquita de silicio y en el reducido espacio de dos por cuatro micras. Así, uno de los más conocidos comienzos de novela de la literatura mundial, el párrafo de "En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero acordarme...", ha quedado curiosamente recogido, con sus diez famosas líneas en letras microscópicas, simbolizando el resultado obtenido una alianza entre la literatura y la tecnología. Esta experiencia ha sido realizada por un grupo de científicos del Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC), dirigido por Ricardo García. La técnica utilizada por dicho grupo se apoya en el microscopio de fuerza atómica. Con esta curiosa experiencia de disminución hasta tamaños minúsculos del texto del Quijote, se ha querido asimismo poner de manifiesto el potencial de la tecnología, y que ésta existe. Con esta técnica, llevada al límite, "¡Podríamos escribir todo lo que se publica en España en un año en una superficie de un centímetro cuadrado! (en una peseta)" (N.García, H. Rohrer. www.fsp.csic.es)

Este Calendario ha sido elaborado después de haber examinado la información de centenares de congresos, Jornadas y simposios sobre Nanotecnología realizados en el mundo, y constituye una selección de los mismos, por su importancia, su interés, o por particularidades propias.

NSTI Nanotech

2005 NSTI Nanotechnology Conference
and a Show

8 al 12 de mayo 2005

Anaheim, California, Estados Unidos

Nano Science and Technology Institute

Contacto: 696 San Ramon Valley Blvd 433

Danville California 94526

Tel: (925) 901-4959 Fax: (925) 886-8461

Email: wenning@nsti.org

<http://www.nsti.org/Nanotech2005/ICNN2005/>

ChinaNANO 2005

2005 China International Conference
on Nanotechnology and Technology

9-11 junio 2005. Beijing. China

Organizada por el National Center

for Nanoscience and Technology

of China (NCNST)

Contacto: Ms. Gong, Junji

Yingjie Exchange Center. Peking University.

Beijing. China

Tel: +86-1062759322 Fax: +86-1962751259

Email: chinanano2005@pku.edu.cn

<http://www.chinanano2005.org>

1st NAREGI International NanoScience Conference

14-17 junio 2005 Nara, Japón

Contacto: Secretary of Computational Nanoscience

Grid Applications Research in Nanoscience-NAREGI

Institute for Molecular Science (IMS)

Okazaki Aichi 444-8585, JAPAN

Tel : +81-564-55-7463 Fax : +81-564-55-7463

Email: nanogrid1@ims.ac.jp

http://ccinfo.ims.ac.jp/nanogrid/20050614_e.html

XIV International Materials Research Congress

21-.25 agosto 2005. Cancún. México

Organizado por la Academia Mexicana de Ciencia

de Materiales. International Union of Materials Research

Societies, y National Association of Corrosion Engineers

NACE International Section México

Contacto: XIV International Materials Research Congress

29 Oriente 601-1. Col Ladrillera de Benítez

C.P. 72540 Puebla. México

Tel: +52(222) 2 11 43 93 Fax:+52 (222) 2 11 43 94

Email: imrc@mail.buap.mx

http://148.228.158,5/imrc2005_files/htmls/home/home.htm

International Conference on Materials for Advanced Technologies 2005 (ICMAT 2005)

3-8 julio 2005. Singapur

Contacto: Material Research Society of Singapur

c/o Institute of Materials Research of Singapur

3 Research Link Singapur 117602

Tel: (65) 6874 1975, (65) 6778 1036

Fax: (65) 6777 2393 Email: icmat@mrs.org.sg

<http://www.mrs.org.sg/icmat2005/>

TNT 2005 Trends in Nanotechnology

29 Agosto-2 septiembre 2005. Oviedo. España

Organizado por PHANTOMS Foundation (España),

Universidad de Oviedo (España), Consejo Superior

de Investigaciones Científicas (España), Universidad

Autónoma de Madrid, Donostia International Physics

Center

(España), Georgia Institute of Technology (USA),

NIMS Nanomaterials Laboratory (Japón), Universidad

Complutense de Madrid, Purdue University (USA),

Universidad Carlos III (España)

Contacto: Dr. Antonio Correia. Fundación PHANTOMS

PCM – Pabellón C. Ctra. Colmenar Viejo. Km 15

Campus de Cantoblanco –UAM. 28049 Madrid (España)

Email: antonio@phantomsnet.net

<http://www.phantomsnet.net/TNT05/>

International Congress of Nanotechnology

31 octubre - 4 noviembre 2005

International Association of Nanotechnology

San Francisco Airport Marriot Hotel

San Francisco, California. USA

Contacto: Stephanie Banks. Program Coordinator

International Association of Nanotechnology

2386 Oaks Fair Boulevard. Sacramento, CA 95823 USA

P.O. Box 231823

Tel: 916-529-4119 Fax: 916-424-165

Email: info@ianano.org

<http://www.ianano.org>

2nd International Symposium on Nanotechnology and Construction

13-16 noviembre 2005

Euskalduna Palace. Bilbao. España

The Center for Nanomaterials Applications

on Construction (NANOC). LABEIN. Bilbao. España

Contacto: Michele Sahrie MMS Conferencing

Suite 420, 28 Old Brompton Road

London SW7 3SS England

Tel: +44-7703847189 Fax: +44-2075945805

Email: NANOC@mmsconferencing.com

<http://mmsconferencing.com>

NanoSingapore 2006 : IEE Conference on Emerging Technologies – Nanoelectronics

10-13 enero 2006. Singapur

Meritus Mandarin Hotel

Contacto: Ms Gwee Rong Rong. Conference Executive

5 Toh Tuck Link, Singapur 596224

Fax: +65 6467 7667 Email: cet06@meetmatt.net

<http://www.meetmatt.net>

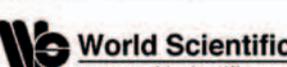
TNT2005

Trends in NanoTechnology

<http://www.tnt2005.org>

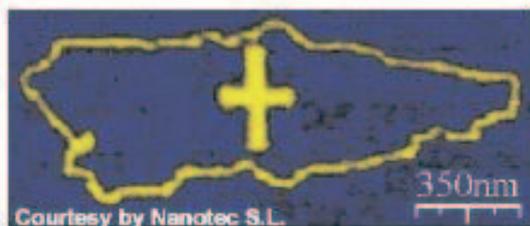
TNT 2005 Organisers			
	 Universidad de Oviedo		
			
	 leti		

TNT 2005 Sponsors			
	 Universidad de Oviedo		
			
			
			
			
			
			
			

TNT2005

Trends in NanoTechnology



The sixth edition of the **Trends in Nanotechnology International Conference Series** will be held in Oviedo (Spain) from 29 August to 02 September, 2005.

This event is organised by the following institutions:

- CEA/LETI/DRFMC (France)
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spain)
- Donostia International Physics Center (Spain)
- Georgia University of Technology (USA)
- NIMS Nanomaterials Laboratory (Japan)
- PHANTOMS Foundation (Spain)
- Purdue University (USA)
- Universidad Autonoma de Madrid (Spain)
- Universidad Carlos III (Spain)
- Universidad Complutense de Madrid (Spain)
- Universidad de Oviedo (Spain)

Since the first event (TNT2000) launched in Toledo (Spain) by Dr. Antonio Correia and Prof. Pedro A. Serena, the Organising Committee has been continuously evolving, and several institutions from different countries provided their support from 2000 to the present.

Since its infancy, the core of the Organising Committee is composed by the following individuals: Dr. Antonio Correia, Prof. Pedro A. Serena and Prof. Juan Jose Sáenz. However, the TNT Conference series is the successful consequence of a coordinated effort among several organising institutions (11 worldwide in 2005) that jointly decide about several aspects of the conference and partially fund the TNT event.

One of the main objectives of the Trends in Nanotechnology conference is to provide a platform where young researchers can present their latest work and also interact with high-level scientists. For this purpose, the Organising Committee provides every year around 60 travel grants for students. In addition,

more than 20 awards are given to young PhD students for their contributions presented at TNT. More than 60 senior scientists are involved in the selection process. Grants and awards are funded by the TNT Organisation in collaboration with several governmental or research institutions.

This high-level scientific meeting series aims, therefore, to present a broad range of current research in Nanoscience and Nanotechnology worldwide as well as related policies (European Commission, etc.) and initiatives (iNANO, IEEE, GDR-E, etc.). TNT events have demonstrated that they are particularly effective in transmitting information and establishing contacts among workers in this field. Graduate students fortunate to attend such events quickly learn the importance of interdisciplinary skills, thereby becoming more effective in their future research.

TNT is now one of the premier European conferences devoted to nanoscale science and technology with around 400 participants worldwide.

A characteristic feature of this conference is the large number of students presenting their results at poster sessions. The TNT structure will provide such as last years an opportunity for broad interaction. The TNT presentations are categorised in the following major topics:

Carbon Nanotubes Based Nanoelectronics and Field Emission
Nanostructured and Nanoparticle Based Materials
Low-Dimensional Materials (Nanowires, Clusters, Quantum Dots, etc.)
Nanofabrication Tools and Nanoscale Integration
Nanochemistry
Nanobiotechnologies
Theory and Modelling at the Nanoscale
Nanomagnetism and Spintronics
Scanning Probes Methods
Ultimate Limits of Measurement: Metrology and Nanostandards

Confirmed Invited Lectures

Harold Kroto (Florida State University, USA)
Heinrich Rohrer (Switzerland)

Confirmed Keynote Lectures (to be completed)

Masakazu Aono (Nanomaterials Lab. NIMS, Japan)
Yoshio Bando (NIMS, Japan)
Jacques Beauvais (University of Sherbrooke, Canada)
Flemming Besenbacher (iNANO, Denmark)
Gerard Bidan (CEA-DRFMC, France)
Russell Cowburn (Imperial College London, UK)
Oscar Custance (Osaka University, Japan)
Yves Dufrene (Universite Catholique de Louvain, Belgium)
Pedro Echenique (DIPC/UPV, Spain)
Jaime Ferrer (Universidad de Oviedo, Spain)
Peter Gruetter (McGill University, Canada)
Bret Heinrich (Simon Fraser University, Canada)
Peter Hinterdorfer (University of Linz, Austria)
Kikui Hirose (Osaka University, Japan)
Maki Kwai (Tokyo University, Japan)
Colin Lambert (Lancaster University, UK)
Uzi Landman (Georgia Tech, USA)
Gustavo Luengo (L'OREAL Research, France)
Richard Martel (Montreal University, Canada)
Bill Milne (Cambridge University, UK)
Daniel Mueller (Technische Universität Dresden, Germany)
Abraham Nitzan (Tel Aviv University, Israel)
Bibiana Onoa (Dupont, USA)
Pablo Ordejon (CSIC-ICMAB, Spain)
Yung-Woo Park (Seoul National University, Korea)
Ron Reifenberger (Purdue University, USA)
Siegmar Roth (M-P-I fuer Festkoerperforschung, Germany)
Miquel Salmeron (Lawrence Berkeley Laboratory, USA)
Ivan K. Schuller (UCSD, USA)
Clivia Sotomayor Torres (NMRC, Ireland)
Nongjian Tao (Arizona State University, USA)
Didier Tonneau (CRMCN/CNRS, France)
Kohei Uosaki (Hokkaido University, Japan)
Patrick Van Hove (EC-DG Information Society, Belgium)
Jose-Luis Vicent (Universidad Complutense de Madrid, Spain)
Robert A. Wolkow (University of Alberta, Canada)

Latest News About This Event At <http://www.tnt2005.org>